

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07260419 A

(43) Date of publication of application: 13.10.95

(51) Int. Cl.

G01B 9/02

G01B 11/30

(21) Application number: 06053521

(22) Date of filing: 24.03.94

(71) Applicant: FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD

(72) Inventor: KANETANI MOTONORI

(54) OBLIQUE INCIDENT INTERFEROMETER

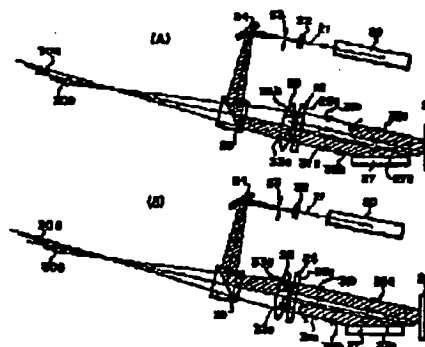
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a compact oblique incident Interferometer arranging a plane reflector for reflecting the object light perpendicularly to a flat plane to be inspected so that the the object light reenters a reference plane in parallel with the incident light to the plane to be inspected regardless of variation in the incident angle of a coherent light to the plane to be inspected thereby simplifying the structure.

CONSTITUTION: A reference plane 28a is a half mirror having high planarity and a part of projected parallel luminous flux 31 passes the half mirror as it is while the remaining parallel luminous flux 31 is reflected as a reference light. The parallel luminous flux 31 is projected onto a plane 27a to be inspected having micro irregularities and reflected regularly thereon as an object light 32. Since the object light 32 is reflected regularly on a plane reflector 28 arranged perpendicularly to the plane 27a to be inspected, the object light 32 reenters the reference plane 28a in parallel with the parallel luminous flux 31. Fringes are formed on the light receiving plane 30 of a CCD through

Interference of the reference light 33 and the object light 32.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



特開平7-260419

(43) 公開日 平成7年(1995)10月13日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 9/02				
11/30	1 0 2 B			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-53521

(22) 出願日 平成6年(1994)3月24日

(71) 出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地

(72) 発明者 金谷 元徳

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地 富士

写真光機株式会社内

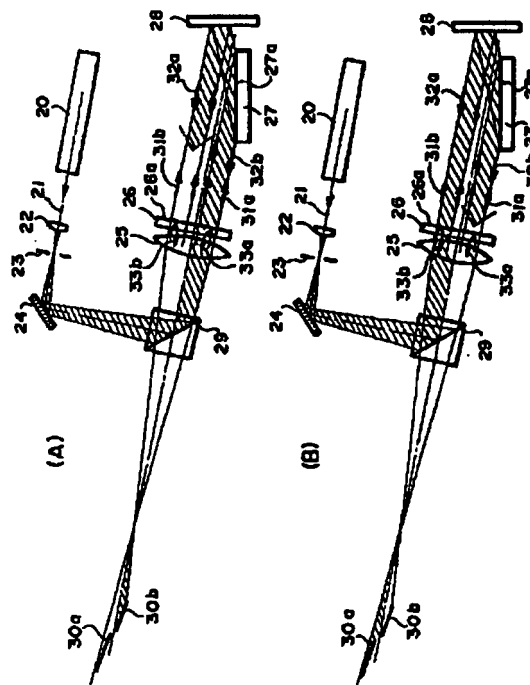
(74) 代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 斜入射干渉計装置

(57) 【要約】

【目的】 斜入射干渉計装置において物体光を反射する平面反射ミラーを平面状の被検面に対して垂直に配することにより、可干渉光の被検面への入射角の変化に拘らず、物体光を、被検面への入射光に対して平行となるようにして基準面に再入射させ、装置構成を簡易化し、装置のコンパクト化を図る。

【構成】 基準面26aは平面精度の高いハーフミラー面とされており、照射された平行光線束の一部を透過して平行光線束31を生成し、その余の平行光線束31を反射して参照光を生成する。平行光線束31は微小な凹凸を有する被検面27a上に照射され、この被検面27aにより正反射されて、物体光32が生成される。物体光32は、被検面27aに対し垂直に配された平面反射ミラー28によって正反射されるため、平行光線束31と平行に基準面26aに再入射する。参照光33と物体光32の干渉によりCCD受光面30上に干渉縞が形成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可干渉光を、基準板の基準面を通して被検体の被検面に斜めに入射せしめ、該可干渉光の、該被検面における反射により生じた物体光と前記基準面における反射により生じた参照光との光干渉により生じる干渉縞を所定のスクリーン上に形成する斜入射干渉計装置において、前記被検面からの物体光を反射して、直接前記基準面に再入射せしめるよう前記被検面に関して垂直となるように配された平面反射ミラーを備えたことを特徴とする斜入射干渉計装置。

【請求項2】 可干渉光を、基準板の基準面を通して被検体の被検面に斜めに入射せしめ、該可干渉光の、該被検面における反射により生じた物体光と前記基準面における反射により生じた参照光との光干渉により生じる干渉縞を所定のスクリーン上に形成する斜入射干渉計装置において、前記基準面を透過した可干渉光を反射して前記被検面に入射させ、その被検面からの反射光を前記基準面に再入射せしめるよう前記被検面に関して垂直となるように配された平面反射ミラーを備えたことを特徴とする斜入射干渉計装置。

【請求項3】 前記スクリーン上における、前記物体光と前記参照光の位相関係を変動せしめる位相関係変動手段を備えたことを特徴とする請求項1または2記載の斜入射干渉計装置。

【請求項4】 前記位相関係変動手段が、前記基準面から反射した可干渉光の位相を微小変動させる手段であることを特徴とする請求項3記載の斜入射干渉計装置。

【請求項5】 前記可干渉光の前記被検面への入射角の変化に応じ、この被検面からの物体光、もしくは該可干渉光が前記平面反射ミラーに照射され得るよう該平面反射ミラーが移動可能に構成されてなることを特徴とする請求項1から4のうちのいずれか1項記載の斜入射干渉計装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、比較的大きい凹凸が形成されている面の表面形状測定にも適応し得る斜入射干渉計装置に関し、詳しくは基準面からの反射により生じた参照光と、被検面からの反射により生じ、この後基準面に再入射した物体光との間の光干渉を行なわせる斜入射干渉計装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、可干渉光を被検面に対して斜めに入射し、測定感度を低下させることによってある程度凹凸の大きい被検面の表面形状測定を可能とした斜入射干渉計装置が知られている。

【0003】 このような斜入射干渉計装置としては種々のタイプのものが知られているが、図4に示す如きパ

2

チ型のものはその代表的なものである。すなわち、このパチ型の斜入射干渉計装置は、図4に示すように、レーザ光源40から射出されるレーザ光をコリメータレンズ42で平行光線束とし、この光線束を第1回折格子44によって回折し、その回折された回折光のうち例えば+1次光を被検体46の被検面により反射させるとともに、その反射された+1次光と上記第1回折格子44を透過した0次光とを第2回折格子48によって重ね合わせて干渉させ、これによって干渉縞をスクリーン50上に形成し、その干渉縞によって被検体46の被検面の形状を測定するようになっている。

【0004】 しかしながら、一般に斜入射干渉計装置では被検面に対して可干渉光が斜めに入射するため、図4からも明らかなように被検面の面方向に装置が大型化する傾向にある。特に、上記パチ型のものでは第2回折格子48とスクリーン50との間に収束レンズ49aやピンホール板49b等の部材が挿入されることとなるので第2回折格子48よりも外側の部材配設スペースにより装置が大型化するという問題がある。

【0005】 構成が簡易で装置のコンパクト化を図り得る斜入射干渉計装置としては、例えば図5に示す如き構成のものが考えられる。

【0006】 すなわち、この斜入射干渉計装置は、基準板52の基準面52aを介して被検体56の被検面56aに可干渉光54を斜めから入射角1で点Oに入射せしめ、この被検面56aで正反射した反射光（物体光）を平面反射ミラー58に垂直に入射せしめ、この平面反射ミラー58から反射された物体光を再び被検面56aの点Oに入射角1で入射せしめ、この被検面56aで正反射した物体光を基準板52の基準面52aに再入射せしめるようにしたものである。

【0007】 すなわち、この装置では、基準面52aから被検面56aを介して平面反射ミラー58に到達する光線束の往路と、平面反射ミラー58から被検面56aを介して基準面52aに到達する光線束の復路とが重なるため、可干渉光の一つの光線を考えた場合、その基準面52aにおける射出位置と再入射位置とが同一位置となり、基準面52aにおいて光源側に反射された参照光とこの参照光と干渉する物体光は同一の光線から形成されたものとなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した図5を用いて説明した装置においては、基準面52aを透過した可干渉光54は往路と復路で被検面56aに照射されるため、物体光が被検面によって2回変調をかけられたような状態となり、特に往路と復路における被検面への光入射位置が少しでも異なると、この物体光に基づき生成される干渉縞から元の被検面56aの表面形状を解析することが難しくなり、測定精度も低下する。

【0009】 本願発明はこのような事情に鑑みなされたものであり、第1の目的は、得られた干渉縞から被検面

の表面形状測定を容易に、かつ精度よく行なうことができる、構成簡易かつコンパクトな斜入射干渉計装置を提供することにある。

【0010】また、上記被検面56aの凹凸の大きさに応じ、可干渉光54の被検面56aへの入射角 θ を変化させて測定感度を変化させる必要が生じる場合があるが、図5に示す装置においては光出力光学系および基準板52aを被検面56aの入射点Oを中心として矢印A方向に回動させるとともに、この回動操作と連動して平面反射ミラー58も該入射点Oを中心として矢印B方向に回動させる必要があり、装置構成が複雑化し、測定精度が低下する。

【0011】そこで、本願発明の第2の目的は、可干渉光の被検面への入射角を変化させて測定感度を変化させる場合に、装置を簡易に構成でき、測定精度の低下を防止し得る斜入射干渉計装置を提供することにある。

【0012】さらに、近年、被検面の凹凸の大きさのみならず、凹と凸のいずれであるかを容易に判別し、形状解析できる位相シフト法（フリンジスキニング法）の適用を可能とする干渉計装置が要求されている。

【0013】そこで、本願発明の第3の目的は、簡易な装置構成で、位相シフト法の適用を可能とした斜入射干渉計装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本願発明の第1の斜入射干渉計装置は、可干渉光を、基準板の基準面を通して被検体の被検面に斜めに入射せしめ、該可干渉光の、該被検面における反射により生じた物体光と前記基準面における反射により生じた参照光との光干渉により生じる干渉縞を所定のスクリーン上に形成する斜入射干渉計装置において、前記被検面からの物体光を反射して、直接前記基準面に再入射せしめるよう前記被検面に関して垂直となるように配された平面反射ミラーを備えたことを特徴とするものである。

【0015】また、本願発明の第2の斜入射干渉計装置は、可干渉光を、基準板の基準面を通して被検体の被検面に斜めに入射せしめ、該可干渉光の、該被検面における反射により生じた物体光と前記基準面における反射により生じた参照光との光干渉により生じる干渉縞を所定のスクリーン上に形成する斜入射干渉計装置において、前記基準面を透過した可干渉光を反射して前記被検面に入射させ、その被検面からの反射光を前記基準面に再入射せしめるよう前記被検面に関して垂直となるように配された平面反射ミラーを備えたことを特徴とするものである。

【0016】上記可干渉光は、同一光源からの互いに異なる光線束により生成された参照光と物体光とによっても、干渉縞がスクリーン上に形成される程度の干渉性を有することが必要である。

【0017】また、本願発明の第3の斜入射干渉計装置は、前記第1もしくは第2の斜入射干渉計装置であつ

て、前記スクリーン上における、前記物体光と前記参照光の位相関係を変動せしめる位相関係変動手段を備えたことを特徴とするものである。

【0018】さらに、前記基準板を該基準板の光入射方向に微小距離だけ変動させる手段とすることも可能である。

【0019】さらに、前記平面反射ミラーは、前記可干渉光の前記被検面への入射角に応じ、この被検面からの物体光、もしくは可干渉光が前記平面反射ミラーに照射され得るよう該ミラーを移動可能に構成することも可能である。

【0020】

【作用および発明の効果】上記本願発明の斜入射干渉計装置によれば、被検面から反射した物体光を、被検面に再入射させることなく基準面に再入射せしめるようにしており、基準面を透過した可干渉光が基準面に戻るまでの間に被検面上に1回だけ照射されるようになっているので、基準面に戻った物体光とこの基準面で反射された参照光との間の光干渉により生じた干渉縞の解析が、上記可干渉光が被検面上に2回照射される場合に比べて、それ程難しくなく、また測定精度の低下を防止することができる。

【0021】さらに、本願発明装置では上記反射ミラーによって基準面方向に物体光を戻しており、この反射ミラー以外の光学部材は被検体よりも基準板側に配されることとなり、また、この反射ミラーは被検体に近接させることが可能であるから、パーチ型の斜入射干渉計装置と比べ被検面の面方向の装置の幅を小さくすることができ、装置のコンパクト化を図ることが可能となる。

【0022】さらに、本願発明の斜入射干渉計装置によれば、基準面を透過した可干渉光が平行光線束とされ、さらに反射ミラーがこの被検面に対して略垂直に配された平面反射ミラーとされており、被検面が平面状である場合に、平行光線束の可干渉光はこの被検面および平面反射ミラーによって各々正反射され、結局基準面を透過した平行光線束とこの基準面に再入射する平行光線束は、この平行光線束の被検面への入射角に拘らず平行となる。これにより、この入射角を変更する度に光学系の調整等を行なう必要がなく、互いに平行な2つの平行光線束である物体光と参照光によって精度の高い形状測定を行なうことができる。

【0023】なお、本願発明装置においては、同一光源からの互いに異なる光線束により生じた参照光と物体光とがスクリーン上で干渉し得る程度の干渉性の高い光線束を用いているので、1つの光線の基準面上射出位置と基準面上再入射位置が異なる場合であっても干渉縞の形成に支障は生じない。

【0024】さらに、このような装置構成において物体光と参照光の位相関係を微量だけ変動させる手段を設けることにより、簡易な構成で位相シフト法を導入する

ことが可能となる。

【0025】この位相関係変動手段としては、スクリーン上において干渉縞が1縞分程度ずれるように、物体光と参照光の光路長差を増減できれば良いので、例えば基準板をこれらの光軸方向に微小量だけ前後動させるものであればよく、この場合には基準板を直線的に微小振動せしめればよいので位相シフトの操作が容易となり、また測定精度を高いものとすることができる。

【0026】また、被検面への可干渉光の入射角を変化させた場合に、上述した平面反射ミラーへの物体光の照射位置が変化することとなるので、この照射位置に応じこの平面反射ミラーを移動可能となるよう構成しておけば、この平面反射ミラーのサイズを、照射される物体光の光束径程度に小さくしても常に物体光を基準面に再入射させることができる。

【0027】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0028】図2は本発明の斜入射干渉計装置を示す概略図である。この装置は防振台1上に干渉計の各種光学系およびモニタ等が配設されてなり、測定結果が、外部からの振動等の影響を受けないようになっている。この防振台1上に配設された干渉計は、レーザ光源部3と、レーザ光源からの可干渉光を平行光線束とし、該平行光線束の射出方向を反転させる光学系4と、この平行光線束を垂直に入射される基準面を有する基準板5とをU字型に組み込んでなる光学部2、この光学部2から可干渉光6が斜めに射出されるように、該光学部2を防振台1の台上に斜めに保持する傾斜スタンド7、被検体9を防振台1の台上に保持し、この被検体9の被検面の傾きおよび高さを調整する被検面位置調整機構8、可干渉光6の被検面からの反射光である物体光12を正反射し、該物体光12を基準板5の基準面に再入射せしめる（および可干渉光6を反射して被検面に入射させ、その被検面からの反射光を基準面に再入射せしめる）、該被検面に対し垂直に配された平面反射ミラー11、この平面反射ミラー11を防振台1の台上に保持するミラーホルダ10、および基準面からの反射光である参照光と基準面に再入射された物体光との光干渉により生じる干渉縞を結像されるCCD受光面14からのビデオ信号に基づきこの干渉縞の像を管面上に映出するモニタ13を備えている。

【0029】さらに、この装置は被検体9の被検面に入射する可干渉光6の入射角を、光源部2の傾斜スタンド7への固定角度を変えることによって、変えることができるようになっている。すなわち、この傾斜スタンド7の光学部固定部15は被検体9の被検面を曲率中心とした内外対のねじ孔列16を有しており、光学部2を適当な角度にセットした後、この光学部固定部15と押え部材17の間にこの光学部2を挟持してステップ的にねじ止めてできるように構成されている。

【0030】なお、上記ねじ孔列16の代わりに、このねじ孔列の位置にこの列方向に延びるようなスリットを形成し、上記光学部2を連続した任意の角度で固定できるようにしてもよい。

【0031】次に、図1を用いて、この実施例装置の作用を説明する。

【0032】まず、レーザ光源20から射出された可干渉光21は発散レンズ22およびピンホール板23によって発散光線束とされ、この後、反射ミラー24、ハーフミラー29によって方向を転換され、コリメータレンズ25によって平行光線束とされ、この後、基準板26の基準面26aに照射される。

【0033】この基準面26aは平面精度の高いハーフミラー面とされており、照射された平行光線束の一部を透過して平行光線束31（31a, 31b）を生成するとともに、その余の平行光線束を反射して参照光33（33a, 33b）を生成する。

【0034】基準面26aからの平行光線束31は微小な凹凸を有する被検体27の被検面27a上に照射され、この被検面27aにより正反射されて、被検面情報を担持した物体光32が生成される。

【0035】ここで被検面27aには基準面26aを通過して直接入射する平行光線束31aと、後述する平面反射ミラー28を経由して入射する平行光線束31bが照射されるが両光線束31a, 31b共に作用が同様であるので主として入射光線束31aと、それにより発生する物体光32aについて説明する。

【0036】なお、図1(A)中の斜線は、基準面26aを通過して被検面27aに直接入射する平行光線束31aおよびそれにより発生する物体光32aの経路を、また図1(B)中の斜線は、基準面26aを通過し、平面反射ミラー28により反射された後被検面27aに入射する平行光線束31bおよびそれにより発生する物体光32bの経路を各々示している。

【0037】上記物体光32aは、被検面27aに対して垂直に配された平面反射ミラー28により正反射されるため、基準面26aからの平行光線束31に平行となって基準面26aに再入射する。

【0038】この後、参照光33bと物体光32aはハーフミラー29を通過し、その両者の光干渉により形成された干渉縞がCCD受光面30b上に結像される。なお、参照光33aと物体光32bはハーフミラー29を通過し、その両者の光干渉により形成された干渉縞がCCD受光面30b上に結像される。

【0039】このCCD受光面30b上に形成された干渉縞像はビデオ信号に変換され、モニタ13上に映出される。CCD受光面30a上に形成された干渉縞像についても同様である。

【0040】なお、受光面30aと受光面30b上に形成された干渉縞は互いに線対称形状となり、したがってモニ

タ13上には互いに線対称となる2つの干渉縞画像が映出される。

【0041】また、レーザ光源1は、可干渉性の高い光を射出するものであり、本実施例においては出力3mWのヘリウムネオン(He-Ne)レーザ光源(波長632.8nm)が用いられている。

【0042】また、基準板26は極めて平面度の高い基準面26aを有する石英ガラス板で形成されている。

【0043】また、平面反射ミラー28は平面度の高い石英ガラス面に反射膜を蒸着することにより構成されている。

【0044】さらに、参照光33と物体光32はCCD受光面30上でその一部が重なり合うように構成されており、この両者が重なり合った部分に干渉縞が形成される。

【0045】このように構成された実施例装置によれば、平面状の被検面27aに対して平面反射ミラー28が垂直となるように配されているため前述したように、基準面26aからの平行光線束31に対し、基準面26aに再入射する物体光32が常に平行となるように形成される。

【0046】すなわち、図3(A)に示すように平行光線束31の入射角が1'である場合にも、また、図3(B)に示すようにこの入射角がより大きい1"である場合にも上記入射角の値に拘らず平行光線束31と物体光32の平行関係が維持されることとなる。

【0047】これにより、装置の測光感度を変化させるために平行光線束31の被検面27aへの入射角を変化させた場合にも測定精度を良好に維持することが可能となる。

【0048】また、上記実施例装置において被検面27aの表面に凹部が形成されているのか、凸部が形成されているのかを判断する場合には、位相シフト法(フリンジスキニング法)を適用する。位相シフト法(フリンジスキニング法)は1つの干渉縞画像だけでなく参照光33と物体光32の位相を互いに1ピッチずらす間に複数の干渉縞画像を得、その時の画像の各点の明るさを基にコンピュータにより位相計算を行ない被検面26a上の凹凸形状の判別計算を行なうものである。

【0049】この位相シフト法(フリンジスキニング法)を適用するにあたっては、上述したように参照光33と物体光32との位相を互いにずらすことが必要となる。この位相をずらすためには基準板26を基準面26aに対して光入射方向に微小距離だけ振動せしめればよい。

【0050】また、基準板26を微小距離だけ振動させるためには、部材の位置を微小変化させ得る圧電素子等のアクチュエータを用いる。

【0051】さらに、これらの部材を物理的に変動させるのではなく、光路中に移相素子の位相シフト光学素子を挿入して参照光33と物体光32の位相差を変化させるようにしてもよい。

【0052】また、平行光線束31の被検面27aへの入射

角を、例えば図3(A)に示す状態よりも小さく設定した場合には、被検面27aからの物体光32が平面反射ミラー28の上方を通過してしまうおそれがある。このような場合に平面反射ミラー28を上下方向(ミラー面方向)あるいは左右方向(ミラー面に対して垂直方向)にスライドさせ得るようにしておけば、この平面反射ミラー28を大径のものとすることなく、物体光32を基準面26a方向に反射させることが可能となる。

【0053】なお、この平面反射ミラー28の移動は、例えばこの平面反射ミラー28をレールに係合させ、このレール上での平面反射ミラー28の移動を上記入射角を変化させる手段、例えば光学部2の角度変化に応じて行なうようにしてもよい。

【0054】なお、本発明の斜入射干渉計装置としては上記実施例のものに限られるものではなく、その他の種々の態様の変更が可能である。

【0055】例えば、上記実施例においては、レーザ光源としてヘリウムネオン(He-Ne)レーザの例を示したが必ずしもヘリウムネオン(Ne-He)レーザ光源のようなガスレーザ光源とする必要はないが、本発明装置の場合には、1光線の基準面への再入射位置と、この光線の基準面上での射出位置とが同一とはならないので、ある程度、空間的に可干渉性の高い光を射出する光源とすることが必要となる。

【0056】なお、上記実施例においては干渉縞を形成するスクリーンとしてCCD受光面を用いているが、これに代え、オペレータが目視し得る光学スクリーンを用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る斜入射干渉計装置の主要部を示す概略図

【図2】本発明の実施例に係る斜入射干渉計装置の全体を示す概略図

【図3】図1に示す実施例装置の作用を説明するための概略図

【図4】従来技術に係る斜入射干渉計装置を示す概略図

【図5】他の従来技術に係る斜入射干渉計装置を示す概略図

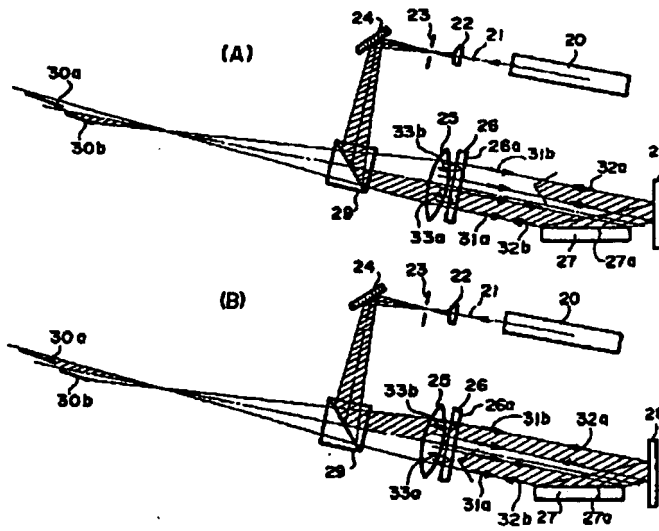
【符号の説明】

- | | |
|--------|---------|
| 1 | 防振台 |
| 2 | 光学部 |
| 3, 20 | レーザ光源 |
| 5, 26 | 基準板 |
| 9, 27 | 被検体 |
| 11, 28 | 平面反射ミラー |
| 12, 32 | 物体光 |
| 13 | モニタ |
| 26a | 基準面 |
| 27a | 被検面 |
| 30 | CCD受光面 |

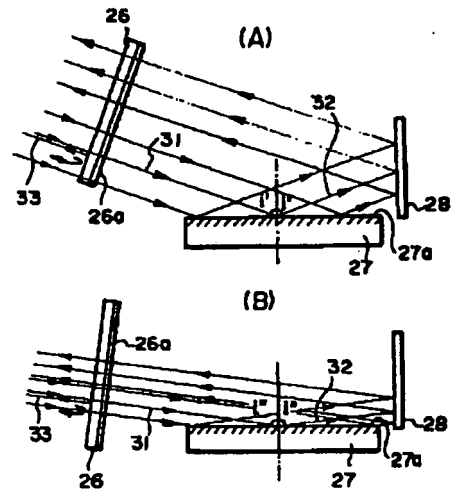
31 平行光線束

33 参照光

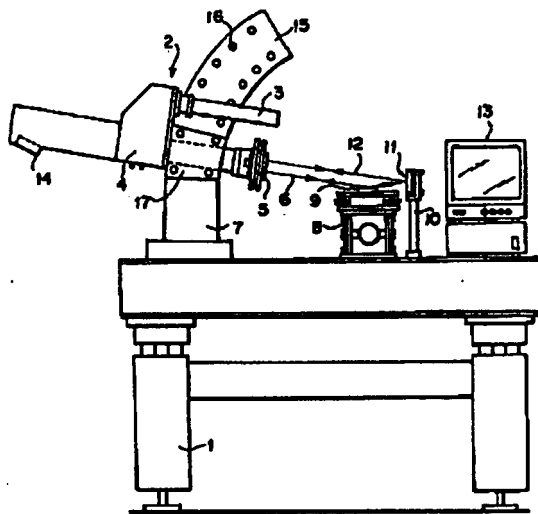
【図1】



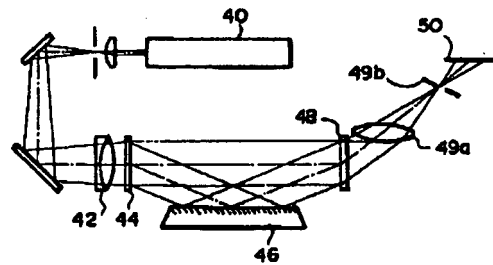
【図3】



【図2】



【図4】



【図5】

